

炭素繊維シートで補強した RC 梁の力学的性状

広島大学工学部 正会員 米倉 亜州夫
広島大学工学部 正会員 田澤 栄一
広島大学大学院 学生員 ○劉 劍萍

1. はじめに

炭素繊維(CFRP)シートは耐腐食性及び高い引張強度を有し、作業にも優れているため、樹脂と併用し、構造物の補強工法への適用が注目されている。今回は既存 RC 構造物の補強を想定して、エポキシ樹脂、アクリル系樹脂及びメタクリル酸メチル樹脂(MMA)の3種類のものを用いて、損傷を受けた RC 梁に CFRP シートを貼付補強をして、曲げ載荷試験を行って、それぞれの樹脂による RC 梁の補強効果及び力学的特性を検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

コンクリート及び配合 コンクリートはセメントに早強ポルトランドセメントを用い最大寸法 20mm の粗骨材を使用し、コンクリートの配合は、材齢 7 日の圧縮強度を基準として、設計強度が 450kgf/cm²程度となるように定めた。

炭素繊維シート M 社製の PUD-300T を使用した、このタイプのシートは型崩れせず、ほど良いしなやかさを有し被補強部材への形状追従性の良さが特徴になっている。表 1 には今回使用した炭素繊維シートで樹脂を含浸硬化させた CFRP シートの特性値を示す。

樹脂 樹脂としてはエポキシ樹脂、アクリル系樹脂、MMA 樹脂の3種類を常温下で用いた。

鉄筋 全ての RC 梁供試体に引張鉄筋として D16 を2本、圧縮鉄筋として D10 を2本配筋した。

2.2 実験方法

今回は損傷を受けた構造物の補強を想定しているため、図-1 に示すように、引張鉄筋が降伏するまで RC 梁に一次載荷を行い、それから除荷後シートをスラブの補強等を考え、支点間に貼付けて再び二次載荷するものとする。その際、樹脂の種類、CFRP シートの貼付方式(底面:梁底面、全面:梁底面及び側面の3面)、貼付層数(1層と2層)を変化させ、表 2 に示すような供試体を用い実験した。載荷は一次載荷を材齢 7 日、二次載荷を材齢 10 日とした。

3. 結果及び考察

1) 損傷の程度より CFRP シートの補強効果:

図-2 は、一次載荷の程度による補強効果の相違を調べるために、すべて、エポキシ樹脂により底面に1層シートを貼付けた供試体で、一次載荷を終局破壊まで、終局破壊直前、主鉄筋降伏までと変化させたものである。結果としては、損傷の程度が異なる供試体3本とも二次載荷の破壊荷重はほぼ同じであり、ほぼ同程度の補強効果が得られた。また、破壊性状について考察してみると、損傷の程度が最も重い E-T-1-A のみが

表1 炭素繊維シート PUD-300T の特性値

項目	シート巾 cm	繊維目付量 g/m ²	繊維密度 g/cm ³	引張強度 MPa	引張弾性率 MPa
特性値	33	300	1.8	3500	2.24×10 ⁵

使用樹脂: 常温硬化アクリル樹脂

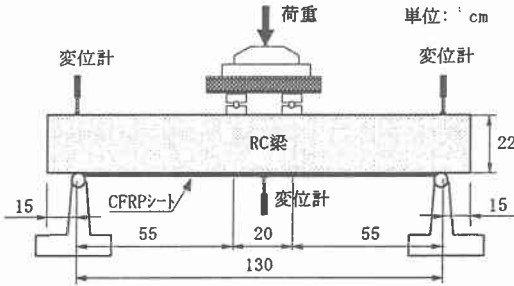


図-1 RC梁の曲げ試験載荷方法

表2 RC 梁の曲げ試験供試体及び試験結果

供試体	使用樹脂	シートの貼付方式	シートの貼付層数	一次載荷の程度	破壊状況
NORMAL		補強無し			曲げ圧縮破壊
E-T-1-A	エポキシ	底面	1層	終局破壊	シート剥離
E-T-1-B	エポキシ	底面	1層	終局破壊直前	シート破断
E-T-1	エポキシ	底面	1層	主鉄筋降伏まで	シート破断
E-Z-1	エポキシ	全面	1層	主鉄筋降伏まで	底面シート破断
E-T-2	エポキシ	底面	2層	主鉄筋降伏まで	シート剥離
E-Z-2	エポキシ	全面	2層	主鉄筋降伏まで	せん断破壊
A-T-1	アクリル	底面	1層	主鉄筋降伏まで	シート剥離
A-Z-1	アクリル	全面	1層	主鉄筋降伏まで	底面シート剥離
M-T-1	MMA	底面	1層	主鉄筋降伏まで	シート剥離
M-Z-1	MMA	全面	1層	主鉄筋降伏まで	底面シート剥離

シート剥離となっている、これは、一次载荷の梁供試体のひび割れによって有効付着面積が減少し、付着力が低下したためであると思われる。シートと部材コンクリート表面の付着力が確保できれば十分な補強効果が得られると考えられる。

2) ひび割れの分散効果:

CFRP シートの貼付によるひび割れ性状への影響を考察してみると、図-3、図-4 のように、NORMAL 供試体と CFRP シートの底面1層を貼付けた一例としての A-T-1 供試体を示した。A-T-1 供試体のひび割れ状況を見てみると、一次载荷時発生したひび割れは、二次载荷を行った際に、破壊するまで曲げスパン内にもひび割れが進展するのではなく、ひび割れ全体がほぼ一様に進展していったことが分かった。これに対し NORMAL 供試体では、主鉄筋が降伏した後に曲げスパン内のひび割れが急速に進展し、破壊に至った。よって、全面的にひび割れを進展することは、CFRP シートの貼付による RC 梁のひび割れ分散効果があると思われる。

3) RC 梁に対する補強効果及び荷重-たわみの関係:

図-5、図-6 はシート底面貼付及びシート全面貼付の場合の荷重とスパン中央たわみとの関係を示した。CFRP シートで補強した RC 梁の曲げ耐力は NORMAL (貼付無し) の RC 梁の場合と比較して 1.1~1.7 倍となった。使用した樹脂の種類による、補強効果はエポキシ、アクリル系、MMA の順になっているが、その差は小さい。底面貼付の RC 梁の曲げ耐力は 1.1~1.3 倍を向上した、全面貼付の RC 梁の曲げ耐力は 1.3~1.7 倍を向上した、これは全面貼付の RC 梁の側面のシートの中立軸以下の部分が曲げ引張補強として機能し、大幅な曲げ耐力の向上が得られたことと思われる。

また、シート補強した供試体においては補強無しの場合と比べて、荷重-たわみ曲線の変曲点が増加し、その後も荷重の増加を伴いながらたわみが進んでいることが分かる。底面、全面貼付の場合においてはそれぞれの樹脂で同じような変形曲線を示したが、全面貼付のエポキシで補強した梁が他の梁の破壊後も、荷重の増加とともに最も変形が進み破壊に至った。常温の場合エポキシ樹脂の付着強度が最も大きく、補強機能が優れていることが分かった。また、補強無しの場合と比べ、どの樹脂を用いて補強した場合とも、RC 梁は変形性能の大きい靱性に富んだ部材となり得る。

4. まとめ

- ① CFRP シートとコンクリート部材表面の付着面積が十分確保できれば十分な補強効果が得られる。
- ② CFRP シートの貼付によって RC 梁のひび割れの分散が良くなり、効果的であった。
- ③ CFRP シートで補強された RC 梁は曲げ耐力が向上し、変形性能が大きい、優れた靱性性能が発揮できる。

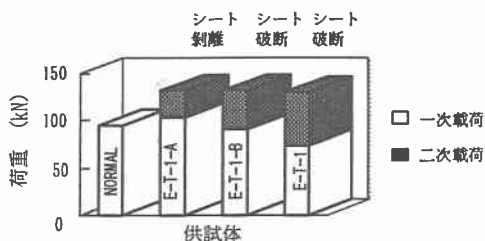


図-2 損傷程度によりCFRPシートの補強効果



図-3 NORMALのひび割れ状況

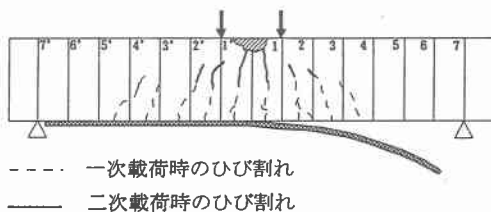


図-4 A-T-1のひび割れ状況

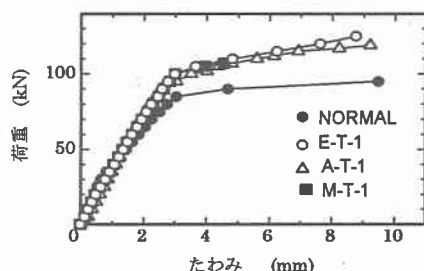


図-5 荷重-たわみ曲線 (底面)

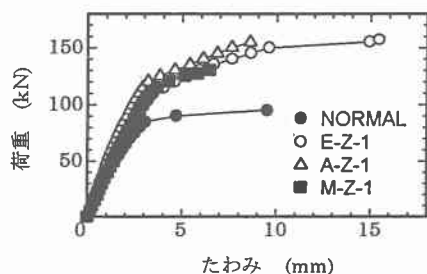


図-6 荷重-たわみ曲線 (全面)